

Ф. Г. 德沃列茨基 著

机械制造业中的塑料



国防工业出版社

机械制造业中的塑料

Φ. Γ. 德沃列茨基 著

王璞元、路文君、劉鎮來 譯

國防工業出版社

本書闡述最常用的塑料之性質、用途及制件加工的
工艺、設備、工夾具等。

此書可供從事塑料加工及生產中使用塑料的工程
師、技術員和工長等閱讀。

本書由王瑛元、路文君、劉鎮來同志翻譯，杜揆
衷、王瑛元同志校對，並經化工部有機化學設計院胡世
熙工程師技術審訂。

Ф.Г.Дворецкий

ПЛАСТМАССЫ

В МАШИНОСТРОЕНИИ

Государственное научно-техническое издательство
машиностроительной литературы

Киев 1956 Москва

本書系根據蘇聯國家機械製造書籍出版社
一九五六年俄文版譯出

机械制造业中的塑料

[苏]德沃列茨基著

王瑛元、路文君、刘鎮來譯

*

國防工業出版社出版

北京市書刊出版業營業許可証出字第074号

北京新中印刷厂印刷 新华書店發行

*

850×1168 1/32·6¹/₄印張·163,000字

一九五七年八月第一版

一九五七年八月北京第一次印刷

印數：1—2,660冊 定價：(10) 1.10元

序 言

塑料具有良好的物理-机械、电气、化学及工艺等性能，因此已經应用于許多工业部門。

苏联在塑料生产方面，于第一、第二个五年計劃期間就有了相当大的发展，而在战后时期塑料已成为促进苏联工业水平及技术装备能力进一步提高的重要材料。

許多金屬制件，甚至某些用压鑄法生产的制件，从經濟观点考虑都常常为热压法制成的制件所代替。用某些牌号塑料制成的制件在强度方面并不低于金屬鑄件，同时在精确度及价格低廉方面却能超过后者。

此外，塑料还有更胜于金屬的优点：比重較小及通常在塑料制件压制过程中能形成美观的外表。

塑料由于生产成本低、零件互换性好、化学稳定性高、导热性低、强度大、比重小、可以代替很缺乏的有色金屬、介电指标高以及其他一些优点，所以它具备了在工业中更广泛地使用的条件。

煤炭及石油加工的副产品加上水及空气是生产各种塑料的丰富原料。

一些新型塑料在技术及建筑方面已能代替木材、金屬、磚等材料。

塑料对海水作用有良好的抵抗性能，所以用它在造船工业中生产所需零件及制件的可能性是非常大的。由于塑料較金屬具有許多优点，所以在苏联的机器制造工厂及許多其他企业中，每年都有几百种前为金屬制造的零件被塑料零件所代替，因而降低了产品成本并节省了很缺乏的有色金屬。

现代的由塑料制造工业用品及生活用品的方法是最合理的生产方法之一，用这种方法可以化費較少的資金及劳动力而获得大

量的精确度高、互换性好而又美观的产品。

塑料制件在国民经济各部门中的应用日益广泛，因为用塑料制造零件在机器制造工艺中是生产率最高的方法之一。

本书中关于塑料的简单介绍对从事试制制件及其应用于生产中的工程师、技术员及工长们将会有所帮助。

在本书的编写工作中，B.И.斯达罗浦波娃工程师曾给予很大帮助，并蒙 И.А.馬特維科工程师参与校订，作者谨致谢意。

作者诚恳地希望读者指出书中的缺点。

目 录

序 言	I
第一章 塑料概論	1
1. 塑料的組成成分	1
2. 塑料的分类	2
3. 将塑料加工成制件的方法	4
4. 塑料的性質	6
5. 塑料的牌号	22
6. 新型塑料	44
7. 塑料的驗收及貯存	52
第二章 热固性塑料的压制	56
8. 塑料的准备工作	56
9. 預热	58
10. 压制过程	60
11. 制件的質量	68
12. 压制的实例	74
第三章 热熔性塑料的压制	81
13. 聚苯乙烯的压制	83
14. 有机玻璃的压制	86
15. 聚乙烯的压制	86
16. 聚氯乙烯塑料的压制	87
第四章 成型橡皮的压制	88
17. 压制的工艺过程	89
18. 橡皮制件中的嵌入件	90
19. 制件之質量	91
20. 压制的实例	93
第五章 塑料的冲压法	99
21. 冲力的計算	102
22. 塑料的断面及尺寸	103
23. 塑料的剪裁	103
24. 冲头和阴模間的空隙	105
25. 冲压的工艺过程	107
26. 弯曲及延伸	109
27. 热熔性塑料的吹鼓法和真空成型	112

第六章	塑料的机械加工	113
	28. 刀具的几何形状	117
	29. 切削条件	119
	30. 磨光及抛光	124
	31. 其他种类的机械加工	126
第七章	塑料制件的修飾及其結構的特点	127
	32. 壁厚	129
	33. 加强肋及倒圓棱	129
	34. 錐度及倒錐	131
	35. 毛边及其位置	132
	36. 邊緣的成型	133
	37. 滾花和沟紋	134
	38. 頂出器的位置	135
	39. 标志及花紋的成型	137
	40. 孔及其成型	137
	41. 螺紋的成型	139
	42. 配件	141
	43. 制件用巴克利特酚醛树脂浸漬的方法	147
	44. 制件的金属噴鍍	148
第八章	压模	150
	45. 总論	150
	46. 压模的結構	152
	47. 装料室的計算	164
	48. 成型零件的尺寸	165
	49. 螺紋成型零件的計算	166
	50. 压模用的材料	169
	51. 压模的制造	171
第九章	設備	176
	52. 压机	176
	53. 加热設備	183
	54. 清除毛刺用的普通半自动机	186
	55. 12吨的自动压鑄机	188
	56. 高頻率电流装置	190
	57. 高頻率电流设备的工作人員守則	192
	参考文献	194

第一章 塑料 概 論

塑料是以天然树脂或人造树脂（粘結剂）做基础，加入填充剂、增塑剂、潤滑剂、顏料及为了易于加工和使制件具有一定性質所必需的其他填充料制成的高分子有机物。

这些物質在一定的温度及压力下由于塑性变形可以成型，但有些塑料的变化是不可逆的，即其硬結成固体以后便不能再度熔化。塑料的分子量非常大，一般是在1000~600000之間。

1. 塑料的組成成分

塑料的主要成分或它的主要粘合物質是合成树脂，如：酚的縮合产物（酚醛树脂或称巴克利特塑胶）或脲素的縮合产物（脲醛树脂等）。

以合成树脂为基础，按一定的比例将其与各种催化剂、填充剂、潤滑物質、顏料、增塑剂等混合，可制成可溶性酚醛（Новалячные）压塑料及不溶性酚醛（Резольные）压塑料，用这种压塑料以热压法制成零件。

压塑料中各种主要成分的百分比一般是在下列的范围以内：合成树脂30~60%，填充剂40~70%，潤滑物質1~2%，顏料1~1.5%，增塑剂及催化剂——少量。有些塑料不加填充剂，如：尼峨来伊迦利特（Неолейкарит），克利斯他利特（Кристаллит）等等。

塑料的物理-机械性能及介电性能在相当大的程度上取决于填充剂的質量及数量，例如，为使塑料具备一定的机械强度就須加入纖維質填充剂——纖維物、紙、纖維石棉；为提高耐热性須加入石棉、大理石粉、石英粉；当压塑料中含有云母及石英时，可以大大减少介电损失。

填充剂应是均匀的細粉，不应吸收水分也不应使塑料粘于压

模壁（这种現象会增加压模的磨損），且价格不应太高。填充剂含量較多时，能显著地提高塑料的机械性能及耐热性能，但另一方面却会减小塑料在压制过程中的流动性。

压塑料中的另一成分——潤滑物質，能防止制件粘在热压模壁上。用做潤滑物質材料者有：硬脂酸、油酸、硬脂酸鈣等等。

顏料能将塑料染成所需的顏色。这些顏色在气候及温度有变化时不应改变。对于顏料的要求是根据所需顏色的純度（鮮艳度、透明度）、耐光性、耐热性、化学稳定性及价廉等条件确定。顏料分为有机的及无机的，天然的及人造的，可溶性的（溶于水及酒精）及不溶性的。通常多采用溶于酒精的苯胺黑顏料（ТУ НКТИ 142-40^①）、由淺褐到深褐色干燥的天然鉄紅顏料（ОСТ НКТИ 3707）等等。

用做增塑剂材料者有各种液体及熔点低的固体，例如：樟腦、苯二甲酸丁酯、甲脂等等。增塑剂使塑料具有可塑性，增加流动性及柔順性，减小脆性，即用以提高塑料的工艺及使用指标。

可熔性酚醛压塑料中加速聚合过程（硬化）的催化剂是六亚甲基四胺及酒精，其中酒精仅用于制造日用消費品的制件。

用各种不同的成分做相应的調配，即可使压塑料具备一定的物理-机械性能及工艺性能，其中最主要的性能是：流动性、正常的含水量及揮发份含量、聚合（硬化）速度、正常的收縮率，并可将其制成細度符合要求且无杂質的塑料。

2. 塑料的分类

目前，苏联工业已能生产出种类极多的塑料。ГОСТ 5752-51 規定塑料按生产中采用的原料及按化学成分等两种方法进行分。按其粘合物質的化学性質可将塑料分成組和种。

压制及鑄制塑料根据其在压制或鑄制过程中受热所起的变

① НКТИ——重工业人民委員部。——譯者

化，分为两组：热固性塑料及热熔性塑料。

在受热受压后，先软化并有部分熔融，然后变为不熔的固体的塑料称为热固性塑料。

在热压过程中熔融、能重复发生软化并能溶于有机溶剂的塑料称为热熔性塑料。

热熔性塑料能够数次重行加工为新制件，因为塑料受热即能重新变软。热固性塑料也可用以重新制造日用品，此时，必须将其磨成细粉，加入 20~25% 新塑料，然后用此混合物压制成新制件。

所以，热固性塑料的加工过程是不可逆的过程，而热熔性塑料的加工过程则是可逆的。

在压制过程中，热固性塑料在压模中保持可塑状态的时间是很短的，此后转变为即不熔融也不溶解的固体。塑料由半液态转变为不能还原的固态的过程叫做“聚合”。

热固性塑料中有代表性的酚醛树脂（亦称巴克利特酚醛树脂），可根据不同的温度、压力及保持时间处于 3 种状态，或称 3 个阶段：A、B 和 C。巴克利特酚醛树脂在前两阶段能用以压制制件。

A 阶段——巴克利特酚醛树脂在塑料中呈固态或半液态，它在此阶段能溶于酒精、丙酮及苛性碱的水溶液中。

B 阶段——A 阶段的塑料在一定的压力下受热后，树脂转变为可塑状态，其性质与橡皮相似，并成为半液体流入冲头及阴模之间的型腔，充满简单的压模中，或通过注口（浇道）充满预先嵌有标件及配件的压模。在此阶段中，部分树脂能溶于酒精、丙酮及碱的水溶液。

C 阶段——B 阶段的半液态塑料开始转变为不可逆的固态——即进行聚合过程。塑料在压制过程中的聚合速度以制件每公厘厚度所需的分钟数表示。不同塑料的硬化速度也各不相同，并且与温度及压制条件有关。

在 C 阶段中巴克利特酚醛树脂转变为不熔融也不溶解的状

态，即再度受热时也不再熔融且不能溶于酒精、丙酮和鹼的水溶液。经过这一阶段后，塑料就变成了物理和机械性能很高的整块制件。

3. 将塑料加工成制件的方法

制件的生产包括两个过程：主要工艺过程（制件的成型）及加工过程（制件的抛光、車絲扣、鉗孔等等）。

制件生产的工艺过程須根据塑料的化学性質或成分（热固性塑料、热熔性塑料、夹层塑料、成型橡皮）、制件形状的复杂程度、原料种类（粉状、片状、各种断面的等等）、具体企业的生产可能性（其設備、生产能力、訂貨量及期限等等）确定。

将塑料加工成为制件的主要方法是在压模中热压。这种方法最合理、簡易且經濟，所以工业上已經广泛采用。成型橡皮也用这种方法加工。

热固性塑料的压制过程是：将塑料放入热压模中，于一定的温度及压力下在压机上保持一定的時間。卸开压模及取出制件均在热状态下进行。以后繼續重复压制的生产过程。

热熔性塑料的压制过程是在压模中按照相应的压制条件进行的，在成型过程中間断地进行加热，此后使压模和制件一同冷却（硬化过程），最后开启冷的压模取出制件。

在苏联工业中采用的压制方法有下列数种：

1. 压制法；
2. 鑄造法；
3. 压鑄法。

压制法是采用最为广泛的加工方法之一，主要用以制造形状簡單并带有簡單配件的制件。

这种方法用于压制热固性塑料、热熔性塑料、夹布塑料、泡沫塑料，也可以用于压制夹层板（ДСП）及成型橡皮制件。

压制过程包括下列各步骤：将塑料装入压模的工作型腔內，于一定的温度及压力下在压机上保持一定的時間——这就是制件

的成型过程。一般是使用液压机来达到所必需的压力，为保证所需之温度，使用过热蒸汽加热或电加热的方法。压制用的压模示于图 42 及 43。

鑄造法用于制造形状复杂并带有細薄不坚固的配件或标件（金屬嵌入件）的制件，若不能使用压制法时，則可采用鑄造法。

鑄造法可用于压制热固性及热熔性塑料。

鑄造过程是将多半經過預热的塑料装入加料室，在一定的温度及压力下，塑料便成为可塑性的流体并以很大的速度通过注口（澆道）流滿压模的工作型腔。

与压制法相比，采用鑄造法时能使制件的强度均匀，塑料受热均匀，复杂配件及細薄标件不会变形或破坏，而且也能制造壁厚相差很大和帶小圓孔的制件。

若塑料先用高頻率电流預热，用鑄造方法則产率就更高，在提高产品质量方面效果也一定会特別好。鑄造的实例示于图 46、47 及 45。

鑄造法的缺点是：压模的构造比較复杂，因而成本也較压制用压模要高，較压制法消耗的塑料多（約多 20~30%），因所需压力較高，故必須采用压力較大的压机，結果使产品成本提高了。

压鑄法，虽然近来已开始用此种方法压制热固性塑料，但主要的还是用于加工热熔性塑料。压鑄法与鑄造法相似，其差別仅在于使用的鑄模及特种自动的压鑄机，而不是用压机。

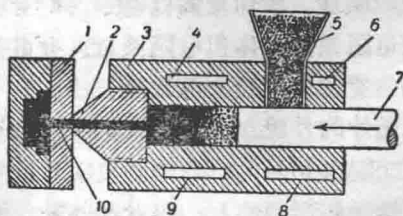


图 1 压鑄机簡图

压鑄机簡图示于图 1。

压鑄过程如下：将原料装入漏斗 5，使有一定份量的原料定时落入金屬圓筒 3，圓筒中装有加热器 4、6、8、9 用以使原料加热，然后由活塞 7 以一

定的压力推挤原料，使其通过噴口 2 及注口 10 射入压模 1，塑料在压制过程中的温度应为 $160 \sim 200^{\circ}\text{C}$ 。压模温度应較塑料的温度約低 40°C 。在这种条件下，制件在压模中硬化。为消除压模超过上述温度范围的过热現象，通常用水冷却。

此种机器的生产能力是很大的，例如：若每次射出的压鑄塑料之体积为 50 公分³ 时，每小时就可生产 200~250 个制件。

用树脂或巴克利特酚醛树脂浸潤过的片状半成品——織物，樺木原片，夹布塑料及別种半成品，也和热固性塑料一样用热压法将其加工成为制件。

将片状、块状及其他形状（棒材、管等等）的塑料加工成制件时，主要的方法是：冲压（有机玻璃、夹布塑料、夹紙塑料、賽璐珞等塑料，并須預热）、冲断、弯曲、拉伸以及 钻、鋸、旋、銑、鏜、磨等等机械加工方法。也有以吹制及真空成型法将塑料加工成为制件的。

4. 塑料的性質

为正确选择塑料制件的材料及制造工艺过程，以及正确地設計压模，必須掌握塑料及其原料（塑料粉等等）的物理-机械、电絕緣、工艺等性能方面的資料。

需要測定的主要性質有：流动性、收縮率、揮发分及水分的含量、吸水性、耐汽油滑油性、耐热性、比容、冲击值、靜弯曲极限强度、抗压极限强度、布氏硬度、拉伸比例极限、彈性模量、断裂时的相对伸长、表面电阻系数、体积电阻系数、介电損耗角正切、平均耐压强度（电击穿强度）及介电常数。

除此之外，常常还須鉴定塑件的外貌。其做法类似 ГОСТ 5689-51 中規定的測定法，即在装有 100 瓦电灯及磨砂玻璃灯罩的反射器下放一个特制的空心試样（杯形制件），察看其外表。試样外表应光亮、平滑，无斑点、气泡、鼓脹、裂縫、砂眼、成层等現象。杯形試样的尺寸：外徑 38 公厘，高 35 公厘，杯底厚 7 公厘，杯底邊緣倒圓角（半徑 1 公厘）。杯子內部为錐形，其底部

直徑32公厘，上部直徑35公厘。

流动性 塑料受一定的溫度及壓力作用能流入并充滿整個壓模型腔的能力叫做流動性。

製造不同的制件，需要各種流動性不同的塑料。流動性的測定，有助於正確選擇工藝過程及壓制條件。

流動性決定於物質的性質。對流動現象起主要作用的是樹脂分子的結構及其大小。僅由無交叉鍵（無支鏈）的直鏈分子組成的樹脂具有較大流動性。以鄰甲酚、對甲酚及二甲酚為基礎製成的酚樹脂，比由純酚製成的樹脂所具有的流動性要大些。塑料成分中的填充劑對於流動性的影響極大，具體地說，纖維填充劑及織物填充劑能降低塑料的流動性，而用木粉做填充劑則能加大其流動性。

流動性小的塑料在形狀複雜的壓模中不能很好的充滿其型腔，因而製成的制件疏松。使用流動性好的塑料，就可以減小壓強，增加壓模內的巢數，就能更有效地利用壓機的能力。

塑料流動性過大，則會流入壓模各部分之間的隙縫內，使制件周圍形成厚大的毛邊及溢出綫。此外，塑料容易通過澆道及隙縫流出，粘附在配件上，結果使制件的清理工作大大複雜化。

為增加流動性，往塑料中加入增塑劑及各種潤滑物質，例如硬脂酸、油酸等。

壓模工作面的狀況也能影響塑料在壓模內的流動程度。如果工作面的鍍鉻及拋光質量良好，則塑料不會粘附在壓模壁上，壓模型腔較易充滿，且制件表面平滑光亮。

在 $150\sim 180^{\circ}\text{C}$ 的範圍內，塑料的流動性會隨其溫度的升高而增大。制件在壓模內成型過程中塑料流動的時間不應超過 $5\sim 20$ 秒鐘，以便在這段時間內最大限度地減少聚合的影響。

塑料預熱後，不僅能除去揮發分，而且也能增大塑料在壓制過程中的流動性。預熱時間及溫度對K-18-2塑料片坯流動性的影響示於圖2，圖中的曲綫說明：當溫度升至 160°C 時，塑料的流動性隨溫度的升高而迅速增大，同時在壓模中的加熱時間也減少。

在压制具体制件的过程中，以改变压力及温度的方法，可以确定該原料达到所需流动性的条件。

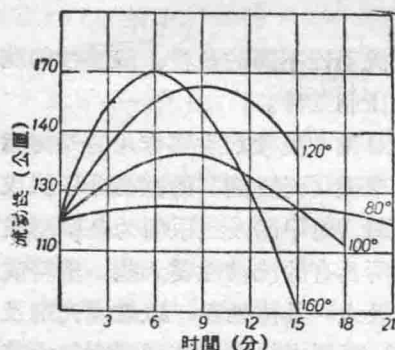


图 2 K-18-2塑料片坯的流动性在不同温度下与预热时间的关系

在实际生产中至今还在使用“流动性的工艺测定法”，即将塑料放入具体压模中，在一定的压力及温度下确定其流动性。

热固性塑料流动性的标准测定法，是将其放入特制的压模中，按照一定条件 (ГОСТ 5689-51) 的压制方法进行。

压模如图 3 所示：有一个高 230 公厘的模套，其内嵌有圆锥形钢衬件，钢衬件由两半组成，能够取出，并有截面逐渐缩小的椭圆沟道，在其中压制细杆——“指针”。

压模须用电加热，并应有插温度计用的孔道。

测定流动性的过程如下：由一批待试塑料中称取 7.5 克，放入工作直径 28 公厘的压模中，用 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 的温度及 500 公斤/公分^2 的压强制成片坯。

将压模的模套部分加热至 $150 \pm 5^\circ\text{C}$ ，把钢衬件放入此模套，过 5 分钟后，将待试塑料的片坯立即放入阴模中，升高压机汽缸中的压力，使片坯所承受的压强达 300 公斤/公分^2 。

自片坯装入压模的瞬间开始，至达到全压力时约需 20 秒钟。

压制时压强保持 300 公斤/公分^2 不变，由工作汽缸中达到所需全压力时算起，保持 3 分钟。然后由模套中推出圆锥形钢衬件，将其分开，取出压好的试样。

量出塑料牢固成型部分的长度（公厘）做为细杆的长度，这也就是确定流动性的标准。流动性的大小以两次试验的算术平均值表示。两次试验结果之差不应大于 20 公厘。

热固性塑料可根据流动性分为3级：Ⅰ级——35~80公厘；Ⅱ级——81~130公厘；Ⅲ级——131~180公厘。

热熔性塑料流动性的测定也使用同样的压模，但将其装在两个金属支柱上，下面有1块抛光的金属板。热熔性塑料流动性的测定与压制时间有关。具体方法是：将压模预热至 130°C ，将12克重的待试塑料片坯放入其中，加热压模至 150°C ，使压强达600公斤/公分²。此时注视压模下孔是否有塑料流出，并用秒表记录塑料流出的时间。整整经过1分钟，将流出的塑料条割下，称量，精确度须达0.001克。

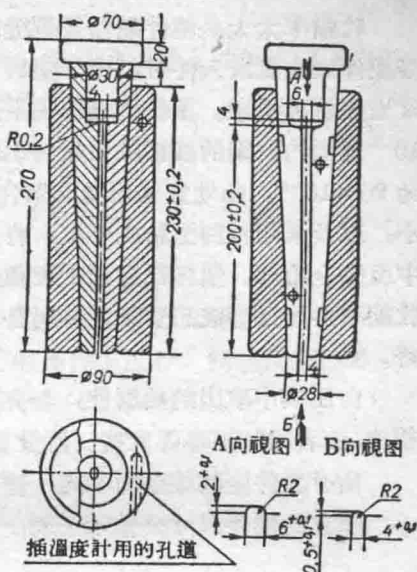


图3 测定流动性用的压模

热熔性塑料流动性的大小，以1秒钟内流出塑料的毫克数表示，单位是毫克/秒。根据此值确定可能压制的生产能力。

收缩率 冷压模工作型腔的尺寸应较成品制件冷却后相应各部分的尺寸加大多少，这一问题一般是根据收缩率加以确定。

以热压法制成的制件之尺寸，总是与冷压模工作型腔及其型杆的尺寸不同，这是由于塑料在聚合及冷却时体积发生变化所致。

在聚合过程中形成的第1部分收缩量，是因塑料的分子变大，其结构发生变化造成的。

在冷却过程中形成的第2部分收缩量，是因制件受温度改变的影响而缩小尺寸的缘故。

为了计算压模的尺寸，必须具有有关塑料收缩率方面的知识；如果制造压模时不考虑塑料的收缩率，则成品制件的尺寸就会与图纸中规定的尺寸有差别。

收縮率的大小与塑料的湿度、揮发分含量、所采用的压制方法及条件、制件壁厚、以及是否有配件或金属嵌件及型杆等有关。

收縮率太大是制件翘曲及裂縫的原因。特别是在制件中有很多配件或金属嵌入件时，由于塑料与金属的綫膨脹系数不同，常常发生这种现象。塑料的綫膨脹系数一般是在 $(2.0 \sim 10.0) \times 10^{-5}$ 范围内；鋼的綫膨脹系数为 12×10^{-6} ；黃銅的綫膨脹系数为 20×10^{-6} 。此处宜采用填充剂含量多的塑料，以保証收縮率最小，以及采用特制型胎或平板，将由压模中取出的热制件放入其中至完全冷却。塑料經過預干及預热后再压制，就可显著地降低收縮率并能提高成品質量。特別是用高頻率电流預热时效果就更好。

由压模中取出的热制件，与在压模中受压冷却后取出的制件相比，前者的收縮率要大些。薄壁制件也較厚壁制件的收縮率大。

所有制件因收縮率的不同，皆有一定的制造公差。

适宜的制件尺寸公差示于表 1。

表 1

制 件 尺 寸 公 差

制件尺寸 (公厘)	尺 寸 允 許 誤 差 (公 厘)	
	与压制中心綫垂直方向	与压制中心綫平行方向
12以下	± 0.05	± 0.15
12~50	± 0.13	± 0.30
50~75	± 0.20	± 0.35
75~100	± 0.27	± 0.40
100~150	± 0.40	± 0.50

常用的各种塑料的收縮率为 $0.5 \sim 1\%$ 。压制各种塑料用的压模的设计，一般按下列收縮率計算：

К-18-2压塑料	$0.6 \sim 1.0\%$
К-21-22压塑料	$0.6 \sim 1.0\%$
К-211-3压塑料	$0.4 \sim 0.6\%$
有机玻璃	0.8%